

KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN TANAMAN BAKAU MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

SKRIPSI

**OLEH:
I KADEK PRASTA YUDHANTARA
2115101004**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER (S1)
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA**



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR-E - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSR-E
- Cetak dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.



**Balai Besar
Sertifikasi
Elektronik**

SKRIPSI

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR SARJANA KOMPUTER

Menyetujui

Pembimbing I	Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd. NIP.197011181997032001
Pembimbing II	I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs. NIP.198910262019031004

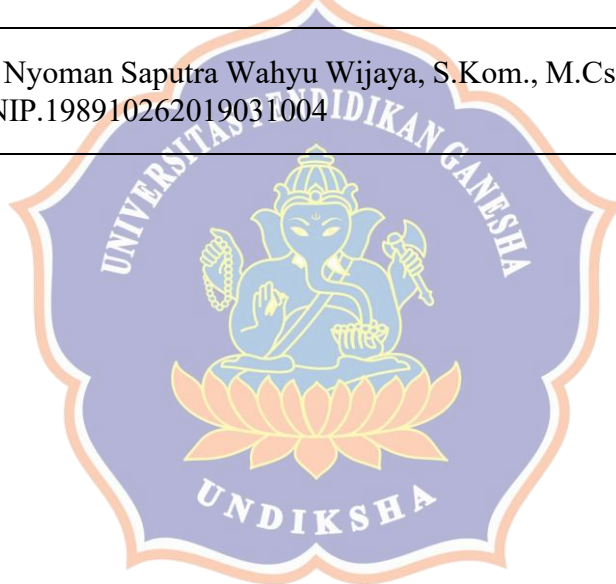


- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSRé - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSRé
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Skripsi oleh I Kadek Prasta Yudhantara ini
telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 05 November 2025

Dewan Penguji

Ketua	I Ketut Purnamawan, S.Kom., M.Kom. NIP.197905112006041004
Anggota	Ni Putu Novita Puspa Dewi, S.Kom., M.Cs., MIM. NIP.199410032020122015
Anggota	Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd. NIP.197011181997032001
Anggota	I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs. NIP.198910262019031004



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakn dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Teknik dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Ganesha
guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer

Menyetujui

Ketua Ujian	Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP.198211112008121001
Sekretaris Ujian	I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs. NIP.198910262019031004



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakn dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulisan yang berjudul **Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Bakau Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)** beserta seluruh isinya adalah benar-benar hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku pada masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim terhadap keaslian karya saya ini.

Singaraja, 14 Januari 2026

Yang membuat pernyataan

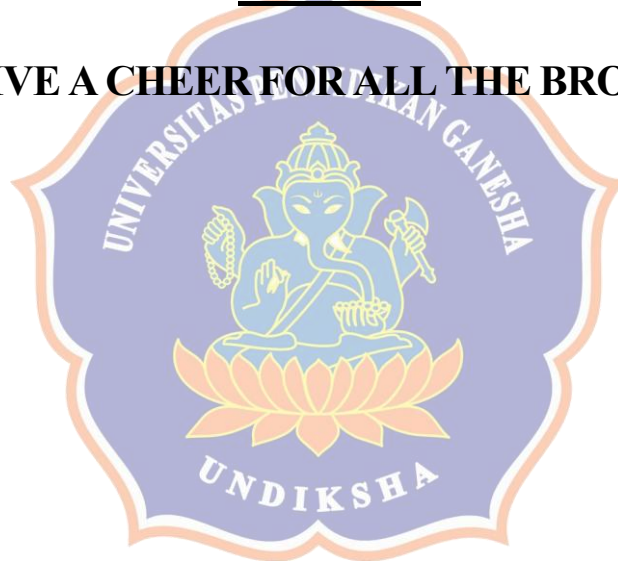


I Kadek Prasta Yudhantara

NIM 2115101004

MOTTO

GIVE A CHEER FOR ALL THE BROKE



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa, Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas berkat rahmatNya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Bakau Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN)**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Universitas Pendidikan Ganesha.

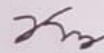
Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd. selaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan selama peneliti menempuh pendidikan.
2. Bapak Prof. Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I. selaku Wakil Rektor I, yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan pendidikan ini.
3. Bapak Prof. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan yang telah memberikan fasilitas dan lingkungan belajar yang baik selama peneliti menempuh pendidikan.
4. Bapak Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, yang telah mengarahkan serta mendukung selama proses penelitian.
5. Bapak I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya, S.Kom., M.Cs. selaku Koorprodi Ilmu Komputer dan Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan selama peneliti menempuh pendidikan.
6. Dr. Ni Ketut Kertiasih, S.Si., M.Pd. selaku Pembimbing I, yang telah memberikan arahan serta masukan selama proses penelitian.
7. Seluruh dosen dan staf di Jurusan Teknik Informatika khususnya Program Studi Ilmu Komputer, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta motivasi selama peneliti menempuh pendidikan.

8. Seluruh Tenaga Pendidik dan Tenaga Kependidikan di tempat peneliti berpraktik yang telah memberikan pengalaman dan kesempatan yang berharga.
9. Peneliti mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada orang tua tercinta yaitu I Nyoman Joni Putra Sugawa dan Yantiningsih atas motivasi, dukungan moral, dan materi yang sangat berarti selama peneliti menempuh pendidikan.
10. Keluarga tercinta Joni Family yang selalu memberikan dukungan moral, motivasi, serta menjadi sumber inspirasi bagi peneliti.
11. Teman-teman El Familia dan Info Loker yang sering saling memberi sarkas sebagai motivasi untuk menuntaskan segala kewajiban saat menempuh pendidikan.
12. Teman-teman seperjuangan Kost Mutant dan seluruh penghuni Kost Bisma 1 C yang telah menjadi tempat untuk berbagi suka duka untuk peneliti menyelesaikan pendidikan ini.
13. Teman-teman Gteam yang sudah menjadi tempat penghilang stress bagi peneliti dikala menuntaskan pendidikan ini.
14. Teman-teman Orbit yang menjadi tempat curhat selama menempuh pendidikan.
15. Teman-teman dan rekan sesama mahasiswa angkatan 2021, yang telah berbagi pengalaman dan kebersamaan selama menjalani pendidikan di Universitas Pendidikan Ganesha.
16. Semua Pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Singaraja, 16 Januari 2026



Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	viii
ABSTRAK.....	xvi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORI	8
2.1 Tumbuhan Bakau	8
2.2 Penyakit Daun Tumbuhan Bakau.....	9
2.3 <i>Deep learning</i>	11
2.4 Convolutional Neural Network (CNN)	12
2.5 Arsitektur VGG16.....	14
2.6 Arsitektur MobilenetV2	16
2.7 Kajian Penelitian Yang Relevan	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Jenis Penelitian	19
3.2 Desain Penelitian	19
3.3 Pengumpulan Dataset	21
3.4 Preprocessing Data	23

3.5 Merancang Arsitektur Model	25
3.6 Pelatihan Model.....	29
3.7 Evaluasi Model.....	31
3.8 Perbandingan dan Analisis	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pengumpulan dataset.....	39
4.2 Preprocessing Data	39
4.3 Hasil	40
4.3.1 Model VGG16	41
4.3.2 Model MobilenetV2.....	71
4.4 Pembahasan.....	98
4.4.1 Analis Hasil Model VGG16	99
4.4.2 Analis Hasil Model MobilenetV2	102
4.5 Perbandingan Hasil Model.....	104
BAB V PENUTUP	108
5.1 Kesimpulan.....	108
5.2 Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	110
Lampiran	114



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Tumbuhan Bakau	8
Gambar 2. 2 Daun Bercak Putih.....	10
Gambar 2. 3 Daun diserang Hama	10
Gambar 2. 4 Daun Bercak Hitam	11
Gambar 2. 5 Arsitektur CNN.....	14
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Daun Bercak Putih.....	22
Gambar 3. 3 Daun Bercak hitam	22
Gambar 3. 4 Daun Diserang Hama.....	23
Gambar 3. 5 Daun Sehat.....	23
Gambar 3. 6 Daun Setelah di <i>crop</i>	23
Gambar 4. 1 Gambar Daun Sebelum di <i>Crop</i>	40
Gambar 4. 2 Gambar Daun Setelah di <i>Crop</i>	40
Gambar 4. 3 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>Early Stopping</i>	42
Gambar 4. 4 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>Early Stopping</i>	44
Gambar 4. 5 Hasil Grafik ROC dan AUC <i>Early Stopping</i>	50
Gambar 4. 6 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>epoch 25</i>	53
Gambar 4. 7 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>epoch 25</i>	55
Gambar 4. 8 Grafik ROC AUC Skenario <i>Epoch 25</i>	59
Gambar 4. 9 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>Epoch 50</i>	62
Gambar 4. 10 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	64
Gambar 4. 11 Grafik ROC AUC Skenario <i>Epoch 50</i>	68
Gambar 4. 12 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>Early Stopping</i>	72
Gambar 4. 13 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>Early Stopipng</i>	74
Gambar 4. 14 Grafik ROC AUC Skenario <i>Early Stopping</i>	78
Gambar 4. 15 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>Epoch 25</i>	81
Gambar 4. 16 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>Epoch 25</i>	83
Gambar 4. 17 Grafik ROC AUC Skenario <i>Epoch 25</i>	87

Gambar 4. 18 Hasil <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> dengan <i>Epoch</i> 50	90
Gambar 4. 19 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada Skenario <i>Epoch</i> 50.....	92
Gambar 4. 20 Grafik ROC AUC Skenario <i>Epoch</i> 50	96



DAFTAR TABEL

Gambar	Halaman
Tabel 3. 1 Rancangan MobilenetV2	27
Tabel 3. 2 Rancangan VGG16	28
Tabel 4. 1 Hasil <i>Classification Report</i> pada Semua <i>Fold EarlyStopping</i>	41
Tabel 4. 2 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Early Stopping</i>	47
Tabel 4. 3 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Early Stopping</i>	53
Tabel 4. 4 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Epoch 25</i>	57
Tabel 4. 5 Hasil <i>Classification Report</i> Semua <i>Fold</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	62
Tabel 4. 6 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	66
Tabel 4. 7 Hasil <i>Classification Report</i> Semua <i>Fold</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	71
Tabel 4. 8 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Early Stopping</i>	76
Tabel 4. 9 Hasil <i>Classification Report</i> Semua <i>Fold</i> pada Skenario <i>Epoch 25</i>	80
Tabel 4. 10 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Epoch 25</i>	85
Tabel 4. 11 Hasil <i>Classification Report</i> Semua <i>Fold</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	90
Tabel 4. 12 Hasil <i>Classification Report</i> pada Skenario <i>Epoch 50</i>	94
Tabel 4. 13 Perbandingan nilai <i>Accuracy</i> dan <i>Recall</i> Terbaik	106

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 01 Surat Pernyataan Validasi	114
Lampiran 02 Dokumentasi validasi datao	115
Lampiran 03 Proses Pengambilan Dataset.	116
Lampiran 04 Potongan Code MobilnetV2 dan VGG	117



KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN TANAMAN BAKAU MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Oleh

I Kadek Prasta Yudhantara, 2115101004

Jurusan Teknik Informatika

Program Studi S1 Ilmu Komputer

ABSTRAK

Hutan bakau memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Namun, keberadaannya dapat terancam oleh penyakit yang menyerang bagian daun tanaman bakau. Proses identifikasi penyakit daun secara manual memerlukan waktu lama dan keahlian khusus. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi penyakit daun tanaman bakau menggunakan metode *deep learning* dengan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), yaitu VGG16 dan MobileNetV2. Data yang digunakan berupa citra daun bakau jenis *Ceriops tagal* yang terbagi menjadi empat kelas, yakni daun sehat, bercak putih, bercak hitam, dan daun diserang hama. Proses pelatihan model dilakukan dengan menerapkan teknik *data augmentation*, *dropout*, serta pengaturan *learning rate* untuk mengoptimalkan hasil. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metode *K-Fold Cross Validation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur MobileNetV2 memberikan performa terbaik dengan akurasi 99%. Sementara itu, model VGG16 memperoleh akurasi 98% pada skenario *early stopping*, 92% pada skenario *epoch 25*, dan 96% pada skenario *epoch 50*. MobileNetV2 dinilai lebih efisien dan akurat dalam mengklasifikasikan penyakit daun bakau. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem deteksi dini penyakit daun bakau berbasis citra digital untuk mendukung upaya konservasi hutan mangrove secara berkelanjutan.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, Deep Learning, MobileNetV2, VGG16, Klasifikasi Penyakit

CLASSIFICATION OF MANGROVE LEAF DISEASES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

By

I Kadek Prasta Yudhantara, 2115101004

Department of Informatic Eengineering

S1 Computer Science Study Program

ABSTRACT

Mangrove forests play an important role in maintaining the balance of coastal ecosystems. However, their existence can be threatened by diseases that attack the leaves of mangrove plants. The manual identification process of leaf diseases requires a long time and specific expertise. Therefore, this study aims to develop a classification system for mangrove leaf diseases using deep learning methods with Convolutional Neural Network (CNN) architectures, namely VGG16 and MobileNetV2. The data used consist of images of *Ceriops tagal* mangrove leaves, which are divided into four classes: healthy leaves, white spots, black spots, and pest-attacked leaves. The model training process was carried out by applying data augmentation techniques, dropout, and learning rate adjustments to optimize the results. Model performance evaluation was conducted using the K-Fold Cross Validation method. The results show that the MobileNetV2 architecture achieved the best performance with an accuracy of 99%. Meanwhile, the VGG16 model obtained an accuracy of 98% in the *early stopping* scenario, 92% in the *epoch 25* scenario, and 96% in the *epoch 50* scenario. Overall, MobileNetV2 is considered more efficient and accurate in classifying mangrove leaf diseases. This research is expected to serve as a foundation for the development of an *early* detection system for mangrove leaf diseases based on digital imagery to support sustainable mangrove forest conservation efforts.

Keywords: Convolutional Neural Network, Deep Learning, MobileNetV2, VGG16, Disease Classification